

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN KETEL UAP PIPA AIR
DENGAN KAPASITAS UAP HASIL 10 TON/JAM
TEKANAN KERJA 10 KG/CM² TEMPERATUR 173,75°C
BAHAN BAKAR BATUBARA**



Tugas Akhir ini disusun
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun:

MUHAMMAD SYUKRON

N I M : D 200 060 061

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Maret 2012

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**PERENCANAAN KETEL UAP PIPA AIR DENGAN KAPASITAS UAP
HASIL 10 TON/JAM TEKANAN KERJA 10 KG/CM² TEMPERATUR
173,75°C BAHAN BAKAR BATUBARA**

yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 8 Maret 2012

Yang menyatakan

MUHAMMAD SYUKRON

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Dengan Kapasitas Uap Hasil 10 Ton/Jam Tekanan Kerja 10 Kg/Cm² Temperatur 173,75°C Bahan Bakar Batubara", telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **MUHAMMAD SYUKRON**

NIM : **D200 060 061**

Disetujui pada

Hari, Tanggal :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Sunardi Wiyono, MT

Ir. Subroto, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul berjudul ” Perencanaan Ketel Uap Pipa Air Dengan Kapasitas Uap Hasil 10 Ton/Jam Tekanan Kerja 10 Kg/Cm² Temperatur 173,75°C Bahan Bakar Batubara”, telah dipertahankan di hadapan tim penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **MUHAMMAD SYUKRON**

NIM : **D200 060 061**

Disetujui pada

Hari, Tanggal :

Tim penguji :

Ketua : Ir. Sunardi Wiyono, MT

Anggota I : Ir. Subroto, MT

Anggota II : Ir. Sartono Putro, MT

Dekan,

Ketua Jurusan,

Ir. Agus Riyanto. S.R, MT

Ir. Sartono Putro, MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nomor 11/A.3-II/TM/TA/I/2011..... Tanggal 8 Januari 2011.....

dengan ini :

Nama : Sunardi Wiyono, Ir, MT.
Pangkat/Jabatan : Lektor
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua *)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Muhammad Syukron
Nomor Induk : D 200 060 061
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : KETEL UAP PIPA AIR KAPASITAS 10 TON/JAM TEKANAN KERJA 10KG/CM² DAN
Rincian Soal/Tugas : TEMPERATUR 300°C

RENCANAKAN KETEL UAP DIATAS DAN GAMBARKAN DALAM SISTEM
ISO

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 8. Januari 2011.....

Pembimbing

Sunardi Wiyono, Ir, MT.

Cc. : Subroto Ir, MT
Lektor Kepala

Keterangan :

*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

- ❖ Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan.
(QS Al-Insyirah : 6).
- ❖ Jadilah dirimu sendiri dan bangga dengan apa yang kamu miliki.
- ❖ Keberhasilan selalu diawali dengan perjuangan dan pengorbanan
- ❖ Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. (Qs. Ar ra'd :11)

ABSTRAKSI

Ketel uap adalah pesawat yang mengubah air menjadi uap dengan jalan pemanasan pada temperatur dan tekanan tertentu lewat proses pembakaran bahan bakar. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, ketel uap dibedakan menjadi dua yaitu ketel uap pipa api dan ketel uap pipa air. Ketel uap berperan penting dalam suatu operasi industri, karena mengingat fungsinya sebagai pengering dan penganjian kain dalam industri tekstil.

Ketel uap yang direncanakan yaitu ketel uap pipa air dengan kapasitas uap hasil 10 ton/jam, dengan tekanan kerja 10 kg/cm², temperatur uap 173,75°C, dan bahan bakar batubara. Dalam perencanaan ini menggunakan konstruksi ketel pipa air yaitu permukaan yang dipanasi berupa susunan pipa-pipa yang di dalamnya mengalir air yang dipanasi, sedangkan gas panas hasil pembakaran mengalir di luar pipa. Ketel uap yang direncanakan menggunakan ekonomiser, dimana ekonomiser digunakan sebagai pemanas awal air isian sebelum masuk ketel dengan memanfaatkan gas asap yang akan dibuang ke cerobong. Fungsi dari ekonomiser yaitu memanaskan air isian sampai mendekati titik didih ketel, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi berkurang. Air isian yang digunakan dalam ketel ini diperlukan perlakuan agar dapat menjaga kualitas air bebas dari kotoran dan endapan yang dapat mengakibatkan kerak pada drum ketel dan pipa-pipa pendidih. Bahan bakar yang digunakan dalam perencanaan ini adalah batubara. Batu bara merupakan salah satu bahan bakar fosil yang terbentuk dari endapan organik utamanya dari sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan.

Menurut analisis perhitungan, maka dalam perencanaan ini didapatkan kesimpulan yaitu, nilai kalor pembakaran tinggi yang dihasilkan oleh batubara adalah sebesar 14.334,97 BTU/lb. dan dapat menghasilkan temperatur pembakaran sebesar 3.245.4°F. Efisiensi ketel uap yang direncanakan yaitu 92,44%. Ekonomiser digunakan untuk memanfaatkan gas asap sebelum dibuang ke cerobong yang masih mempunyai temperatur tinggi sehingga, efisiensi ketel menjadi bertambah.

Kata Kunci : Ketel uap, ekonomiser, air isian, batubara

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penyusun laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir berjudul " PERENCANAAN KETEL UAP PIPA AIR DENGAN KAPASITAS UAP HASIL 10 TON/JAM TEKANAN KERJA 10 KG/CM² TEMPERATUR 173,75°C BAHAN BAKAR BATUBARA", dapat terselesaikan atas dukungan dari pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada.

1. Ir. Agus Riyanto. S.R, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Sartono Putro, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Ir. Sunardi Wiyono, MT, selaku Dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan ilmu dan arahan serta bimbingannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ir. Subroto, MT, selaku Dosen Pembimbing pendamping terima kasih atas waktu, pengarahan, saran, dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, terima kasih untuk ilmu yang telah diajarkan selama berada dibangku kuliah.
6. Ayah dan Ibu tercinta yang telah banyak memberikan dorongan baik moral, material dan do'a. Semoga ini menjadi awal langkah sukses ananda.
7. Kakak dan adikku tercinta yang telah memberikan dukunganya demi terselesaikannya tugas akhir ini.

8. Seseorang yang selalu menemaniku (sekar purbosari) atas dukungan dan semangat yang tak henti-hentinya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman Teknik Mesin yang telah membantu memberikan informasi – informasi tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati.

Wasalammu'alaikum,Wr.Wb

Surakarta, 8 Maret 2012

MUHAMMAD SYUKRON

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERTANYAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN MOTTO	vi
ABTRAKSI	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pembatasan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Metode Perencanaan	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TEORI DASAR	
2.1. Pengertian Umum Ketel Uap	6
2.2. Klasifikasi Ketel Uap	7
2.3. Ketel Uap Lorong Api	10

2.4. Ketel Uap Pipa Api	11
2.5. Ketel Uap Pipa Air	13
2.6. Pemilihan Jenis Ketel	15
2.7. Siklus Rankine	15
2.8. Perpindahan Kalor pada Ketel Uap	17
2.8.1. Konduksi	17
2.8.2. Konveksi	18
2.8.3. Radiasi	21

BAB III AIR ISIAN KETEL

3.1. Perlakuan Terhadap Air Isian Ketel	25
3.1.1. Pencegahan Terhadap Buih	26
3.1.2. Pencegahan Pembentukan Kerak dan Lumpur	26
3.1.2.1. <i>Eksternal Water Treatment</i>	26
3.2.2.1. <i>Internal Water Treatment</i>	28
3.1.3. Pencegahan Terhadap Korosi	29
3.2. Spesifikasi Air Isian Ketel	30

BAB IV BAHAN BAKAR DAN PROSES PEMBAKARAN

4.1. Bahan Bakar	32
4.1.1. Bahan Bakar Batubara	33
4.2. Proses Pembakaran	35
4.3. Nilai Kalor Pembakaran Bahan Bakar	38
4.3.1. Kebutuhan Bahan Bakar	39

4.4. Analisis Pembakaran Bahan Bakar	41
4.5. Kebutuhan Udara Pembakaran	42
4.6. Kapasitas Gas Asap Hasil Pembakaran	45
4.7. Temperatur Pembakaran	47
 BAB V KONTRUKSI KETEL	
5.1. Dapur / ruang bakar	49
5.1.1. Perhitungan Panas Lewat Dinding Ketel	50
5.2. Bidang Pemanas/Pipa-pipa Didih	56
5.2.1. Perhitungan luas bidang pemanas pada pipa didih No. 1 – 16	56
5.2.1.1. Perhitungan Konduktivitas	58
5.2.1.2. Kerugian tekanan gas asap pada pipa – pipa didih No. 1 – 16	62
5.2.2. Perhitungan luas bidang pemanas pada pipa didih No. 17 - 32	63
5.2.2.1. Perhitungan Konduktivitas	64
5.2.2.2. Kerugian tekanan gas asap pada pipa – pipa didih No. 17 – 32	68
5.2.3. Perhitungan luas bidang pemanas pada pipa didih No. 33 – 48	69
5.2.3.1. Perhitungan Konduktivitas	71
5.2.3.2. Kerugian tekanan gas asap pada pipa – pipa didih No. 33 – 48	75

5.2.4. Perhitungan luas bidang pemanas pada pipa	
didih No. 49 – 64	76
5.2.4.1. Perhitungan Konduktivitas	77
5.2.4.2. kerugian tekanan gas asap pada	
pipa – pipa didih No. 49 – 64	81
5.2.5. Perhitungan luas bidang pemanas pada	
<i>boiler bank tube 1</i>	82
5.2.5.1. Perhitungan Konduktivitas	84
5.2.5.2. Kerugian tekanan gas asap pada	
pipa–pipa <i>boiler bank tube 1</i>	88
5.2.6. Perhitungan luas bidang pemanas pada	
<i>boiler bank tube 2</i>	89
5.2.6.1. Perhitungan Konduktivitas	91
5.2.7.1. Kerugian tekanan gas asap pada	
pipa–pipa <i>bank tube 2</i>	95
5.3. Ekonomiser	96
5.3.1. Perencanaan pipa – pipa ekonomiser	
konveksi arus berlawanan	97
5.3.2. Perhitungan Konduktivitas	100
5.3.3. Kerugian tekanan gas asap pada pipa – pipa	
ekonomiser	104
5.3.4. Pemeriksaan pipa – pipa didih dan ekonomiser	105
5.3.4.1. Pemeriksaan kekuatan pipa – pipa didih	105

5.3.4.2. Pemeriksaan kekuatan pipa–pipa	
Ekonomiser	106
5.4. Drum Ketel	107
5.4.1. Perhitungan pada Drum Uap (<i>Steam Drum</i>)	108
5.4.2. Perhitungan pada Drum Air (<i>water drum</i>)	113
5.5. Cerobong	118
5.5.1. Perhitungan Cerobong	119
5.5.2. Tarikan Cerobong	121
5.5.3. Kerugian Tekanan Gas Asap Lewat Cerobong	121
5.6. Konstruksi Pengelasan	123
5.7. Penyangga Ketel	127
 BAB VI EFISIENSI KETEL DAN KESETIMBANGAN KALOR	
6.1. Efisiensi Ketel	129
6.2. Keseimbangan Kalor	135
 BAB VII ALAT BANTU DAN PERLENGKAPAN KETEL	
7.1. Perlengkapan Ketel	139
7.1.1. Pompa Air Isian Ketel	139
7.2. Alat Bantu Ketel	142
7.2.1. Lubang Orang (<i>Man Hole</i>)	142
7.2.2. <i>Safety Valve</i>	142
7.2.3. <i>Manometer</i>	143
7.2.4. Gelas Penduga	143

7.2.5. <i>Regulator Feed Water Valve</i>	144
7.2.6. Katup Penutup Uap Induk	145
7.2.7. <i>Blow Down Valve</i>	146
7.2.8. Kaca Pengintai	146
7.2.9. <i>Blower</i>	147
7.2.10. <i>Electrical Panel Board</i>	147
7.2.11. Termometer	148

BAB VIII PENUTUP

8.1. Kesimpulan	149
8.2. Saran	152

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ketel Uap Lorong Api	11
Gambar 2.2. Ketel Uap Pipa Api	12
Gambar 2.3. Ketel Uap Pipa Air	13
Gambar 2.4. Skema Siklus Rankine	16
Gambar 2.5. Diagram T-s dan h-s	16
Gambar 2.6. Perpindahan Kalor Secara Konduksi	17
Gambar 2.7. Perpindahan Kalor Secara Konveksi	19
Gambar 2.8. Perpindahan Kalor Secara Radiasi	21
Gambar 5.1. Sketsa Ekonomiser Arus Berlawanan	97
Gambar 5.2. Diagram Ekonomiser Arus Berlawanan	97
Gambar 5.3. Sambungan las memanjang dan melingkar pada drum	124
Gambar 5.4. Sambungan las antara plat pada dinding ketel	124
Gambar 5.5. Sambungan las antara plat drum dengan nozzle	125
Gambar 5.6. Sambungan las antara plat drum dengan tutup dan antara pipa dengan dinding drum	126
Gambar. 5.7. Penyangga baja profil I	127
Gambar 7.1. Pompa sentrifugal	139
Gambar 7.2. Katup Keamanan dengan Pegas Langsung	143
Gambar 7.3. Manometer	143
Gambar 7.4. Gelas penduga	144
Gambar 7.5. <i>Regulator Feed Water Level Controller</i>	145
Gambar 7.6. <i>Blow Down Valve</i>	146
Gambar 7.7. <i>Electrical Panel Board</i>	148

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Tabel kadar zat terlarut yang diperbolehkan	25
Tabel 4.1.	Tabel komposisi bahan bakar	34
Tabel 4.2.	Tabel berat atom dan molekul	34
Tabel 4.3.	Tabel Prosentase oksigen dan nitrogen dalam udara	35
Tabel 7.1.	Tabel keterangan Electrical Panel Board	148

DAFTAR SIMBOL

Simbol

Q	= kalor yang dipindahkan	[Btu/hr]
k	= koefisien panas konduksi	[Btu/ft hr ⁰ F]
A	= luas permukaan	[ft ²]
T	= temperatur	[⁰ F]
Δx	= tebal dinding	[ft]
r	= radius	[ft]
L	= panjang silinder	[ft]
U	= konduktansi panas	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
π	= 3,14	
Re	= angka Reynolds	
ν	= viscositas kinematik	[lbm/ft hr]
μ	= koefisien kontak bidang	[lb/ft s]
ρ	= rapat massa fluida	[lb/ft ²]
Nu	= angka Nusselt	
Pr	= angka Prandtl	
h	= koefisien konveksi kalor	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
h_f	= entalpi air isian	[Btu/lb]
h_g	= entalpi uap jenuh	[Btu/lb]
σ	= konstanta Stepan Boltzmann	[Btu/ft ² hr ⁰ F]
H	= heat	[Btu/hr]
η	= efisiensi	
p	= tekanan	[psi]
V	= volume	[ft ³]
D, d	= diameter	[ft]
ΔP_f	= kerugian tekanan	[in gas]
f	= faktor gesekan	